

黄淮海地区酿酒高粱品种生态适应性 综合评价指标体系的构建与应用

王 智¹ 柯福来² 宋迎辉³ 张华文⁴ 石燕楠⁵ 孟 彦⁶ 朱 凯² 吕 芃⁵ 李桂英¹

(¹ 中国农业科学院作物科学研究所 / 作物分子育种国家工程实验室, 北京 100081; ² 辽宁省农业科学院高粱研究所, 沈阳 110161;

³ 河南省农业科学院粮食作物研究所, 郑州 450002; ⁴ 山东省农业科学院作物研究所, 济南 250131;

⁵ 河北省农林科学院谷子研究所, 石家庄 050035; ⁶ 河南省商丘市农林科学院, 商丘 476002)

摘要:酿酒高粱是黄淮海地区的经济作物, 近些年种植面积不断回升, 但该区高粱生产的指导性信息较少, 因此, 构建适宜该区的酿酒高粱品种生态适应性评价指标体系对品种选择、种植规划等具有重要指导意义。通过文献研究、生产调研和专家问卷调查, 利用层次分析法, 构建评价指标体系的层次结构; 利用德尔菲法和橙子办公软件设计调查问卷, 借助专家微信群对各指标的相对重要性进行专家问卷调查, 使用 SPSSAU 优序图法, 计算各指标权重。根据文献研究和适应性试验, 并反复征询专家意见, 确定了各项指标的判别原则和标准, 按综合得分将酿酒高粱品种生态适应性分为适应(≥90分)、较适应(76~89分)和不适应(≤75分)3类。

关键词:黄淮海地区; 酿酒高粱; 品种生态适应性; 综合评价指标; 评价方法

Construction and Application of Comprehensive Evaluation Index System for Ecological Adaptability of Brewing Sorghum Varieties in Huang-Huai-Hai Region

WANG Zhi¹, KE Fu-lai², SONG Ying-hui³, ZHANG Hua-wen⁴, SHI Yan-nan⁵,
MENG Yan⁶, ZHU Kai², LYU Peng⁵, LI Gui-ying¹

(¹ National Engineering Laboratory of Crop Molecular Breeding, Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; ² Sorghum Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161; ³ Institute of Grain Crops, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002; ⁴ Institute of Crops Sciences, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250131; ⁵ Institute of Millet Crops, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050035; ⁶ Shangqiu Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shangqiu 476002, Henan)

高粱起源于非洲热带地区^[1], 具有抗旱耐涝、耐贫瘠、耐盐碱等特性^[2-3], 与水稻、玉米等主要农作物相比, 具有更广泛的适应性, 在我国不同生态区均有种植^[4]。我国高粱产区主要有东北高粱生产区、西南高粱生产区、西北高粱生产区和华北黄淮海高粱生产区。东北、西南、西北主要是春播为主, 黄淮海区则以夏播高粱为主, 主要分布在河北、河南和山东地区。近年来, 随着种植业结构调整, 以及灾害性天

基金项目: 国家重点研发计划(2019YFD1001700)

气频发, 而高粱具有抗旱、耐盐、耐贫瘠的特性, 而且生产效益较好, 黄淮海地区高粱面积逐年攀升。

不同生态区高粱品种的生态适应性存在较大差异。春播区高粱品种多数能在夏播区完成整个生育期, 但也存在病虫害严重、品质得不到保证和商品性差等诸多问题。春播区高粱生育期长, 病虫害轻, 多为紧穗型品种。紧穗型品种在夏播区病虫害更为严重, 尤其是灌浆后期, 螟虫发生较重, 而且一旦发生, 难以防治, 严重影响产量和品质, 中散穗型及散

穗型品种病虫害相对较轻,籽粒品质及商品性较好。夏播区因一年两熟制,要求高粱生育期相对较短,不影响后茬冬季作物生产。黄淮海地区高粱生产规模化、集约化、机械化的发展方向,要求高粱品种抗倒性强,矮秆或中矮秆品种为宜^[5]。

多年来,育种工作者更多关注的是品种的生物学适应性,而生产者更关注的是生产和市场的适应性。李桂英等^[6]在借助现代办公手段广泛调研的基础上,利用层次分析法、德尔菲法等建立了一套高粱品种生态适应性评价指标体系与评价方法,本文在高粱生产、销售、加工等环节广泛调研的基础上,进一步针对黄淮海地区的具体实际,构建该地区的酿酒高粱品种生态适应性评价指标体系和评价方法,为酿酒高粱生产提供参考。高粱品种类型多样,本文所制定的指标体系,只适宜于黄淮海地区酿酒用高粱。

1 研究方法

1.1 高粱品种生态适应性评价指标体系构建的原则

高粱品种生态适应性综合评价指标体系构建应以充分反映黄淮海地区高粱产业需求为目的,综合评价体系的各项指标应以评价目标为中心,且需根据品种特点,既能相互独立又能相互联系地从各方面反映其生态适应性;评价体系从目标层到准则层,再到指标层,所有计算和调查均应符合科学性、层次性和系统性;各项指标的选择和评价应尽可能地保证最简化、可量化,最终得到极简化的判定结果。

1.2 高粱品种生态适应性评价指标体系构建的方法

根据品种的属性,其生态适应性包括生物学适应性、生产适应性和市场适应性^[7]。因为所有类型的高粱品种在黄淮海地区均可正常成熟,因此,生物学适应性评价指标只选择与生产紧密相关的综合抗逆性(含抗病性、抗虫性等)。与生产适应性密切相关的指标很多,考虑到生产实际,主要选择机械化生产条件下的指标,包括生育期的匹配度和株高。市场适应性只考虑市场对品种类型和品质的需求、产量和相对经济效益。其次,在黄淮海地区,不同穗型的高粱病虫害危害程度明显不同,因此,在评价指标中加入穗型指标。最后确定评价指标为产量、品质与经济性、综合抗性、生育期、株高、穗型。然后就各指标的重要性进行调研。根据生产调研、市场调研、文献查阅和专家建议,最终确认黄淮海地区高粱品种生态适应性评价体系所需指标,利用层次分析法,构建黄淮海地区高粱品种生态适应性评价体系的层次结构;利用德尔菲法对各指标的相对重要性按照 1~7 级,借助重点研发

项目(2019YFD1001700)微信群进行专家问卷调查,使用 SPSSAU 优序图法,计算各指标权重。

1.3 所建评价方法的应用验证 利用国家重点研发项目中品种适应性试验的 2 年数据,选择 6 个试验品种的表现数据,进行综合打分评价,验证评价方法的可靠性。

2 结果与分析

2.1 黄淮海地区酿酒高粱生产调研 本研究对黄淮海地区酿酒高粱种植规模、品种类型、品种需求、当地主要病虫害情况、耕作制度匹配需求等生产情况进行调研,共收回问卷 20 份。结果显示黄淮海地区高粱种植以万亩以上为主要规模(占 55% 的用户),仅 30% 的用户当地高粱为零星种植。种植品种类型的调研表明,70% 的人当地糯高粱和粳高粱都有种植,只种糯高粱的占到 20%,只种粳高粱仅占 10%,说明糯高粱发展非常迅速,尤其是订单种植的带动下,糯高粱发展很快。而对高粱品种的需求方面,85% 的用户需要高产品种,80% 以上的用户希望高粱品种为中秆(170~250cm)或者矮秆(170cm 以下);65% 被调查者希望品种为散穗品种,20% 的人希望为紧穗品种。同时,对当地的主要病虫害进行了调研,其中蚜虫(75%)、螟虫(75%)和叶部病害(65%)为主要病虫害,也存在一些如立枯、青枯等其他病害。在耕作制度匹配需求方面,主要播期在 6 月 10 日前(40%)、6 月 20 日前(50%),6 月 30 日是夏播高粱的最晚播期;春播高粱需在 9 月 30 日前成熟,夏播高粱大多数要求最迟在 10 月 10 日前成熟。

2.2 黄淮海地区酿酒高粱品种生态适应性综合评价指标重要性调研与权重确定

2.2.1 高粱品种生态适应性综合评价指标重要性调研结果 本研究对产量、品质与经济性、综合抗性、生育期、穗型、株高和其他 7 个方面进行了评价,积分规则按照排序计分,排序从 1~7 分别计 7~1 分。产量是各地首要指标,品质与经济性、综合抗性次之,随后生育期评分超过了穗型与株高,重要性排在了第 4 位,但也与产量、抗性、品质的重要性有一个断崖式下降。此外,不同地区有特殊的农艺性状需求,如单宁含量、籽粒大小等指标,归为其他项(表 1)。

2.2.2 黄淮海地区酿酒高粱品种生态适应性评价指标体系的层次结构 按照层次分析的方法,将黄淮海地区高粱品种生态适应性评价指标体系分解成目标层、准则层和指标层,将生产调研得到的必要性评价指标按照层次分析法进行归类。其中目标层是

高粱品种生态适应性评价综合得分,准则层包括生物学适应性(指标层是综合抗性)、生产适应性(指标层分别是生育期、株型和穗型3个指标)和市场适应性(指标层分别是产量、品质与经济性和其他3项指标)。

表1 高粱适应性综合评价指标重要性调研结果

评价指标	总得分	计分规则(排序:计分)
产量	118	1: 7分
品质与经济性	103	2: 6分
综合抗性	102	3: 5分
生育期	64	4: 4分
穗型	48	5: 3分
株高	47	6: 2分
其他	16	7: 1分

2.2.3 各项指标权重计算结果 使用 SPSSAU 在线软件,采用优序图法计算各项目的权重,将表格内

各指标两两比较,得出各指标重要性。最终结果如表2所示:准则层权重从大到小分别是市场适应性、生物学适应性、生产适应性;其中市场适应性的指标层权重值中产量占到40.11%,品质与经济性占到33.61%;生产适应性的指标层权重值中生育期占到40.91%,株高占到33.10%,穗型占到25.98%,生物学适应性指标层项目只设置了综合抗性,其权重值即100%。

2.3 黄淮海地区酿酒高粱品种生态适应性评价指标体系 从本地区生产实际应用的角度出发,评价酿酒高粱品种生态适应性过细划分没有实际意义,因此只分为适宜、较适宜和不适宜3级,各项因素也相应划为3级。根据各因素的属性和重要性,通过研究并广泛征询意见,制定了相应的判别标准,结果见表3。

表2 各层不同项目权重

准则层		生物学适应性		生产适应性		市场适应性	
项目	权重值(%)	项目	权重值(%)	项目	权重值(%)	项目	权重值(%)
生物学适应性	25.97	综合抗性	100	生育期	40.91	产量	40.11
生产适应性	10.16			穗型	25.98	品质与经济性	33.61
市场适应性	63.87			株高	33.10	单宁含量、籽粒大小等	26.28

表3 黄淮海地区高粱品种生态适应性评价指标体系

目标层	准则层	指标层	归类	判别标准	分值
品种生态适应性评价指数(I)	生物学适应性(a)	综合抗逆性(al)	强	无明显病虫害,抗旱耐瘠性等强	90~100
			中	病虫害(10%~30%),抗旱耐瘠性等中等	75~89
			弱	病虫害(30%以上),抗旱耐瘠性等较弱	<75
		生育期(bl)	高	与当地耕作制度完全匹配,单株间成熟期一致性90%以上	90~100
			中	当地耕作制度基本匹配,单株间成熟期一致性80%~89%	75~89
			低	当地耕作制度不匹配,单株间成熟期一致性70%~79%	<75
	生产适应性(b)	穗型(b2)	高	散穗,有利于病虫害防治	90~100
			中	中散穗,较利于病虫害防治	75~89
			低	紧穗,不利于病虫害防治	<75
		株高(b3)	高	株高1.9m以下,株高整齐度95%以上(针对红缨子类型品种);株高1.7m以下,株高整齐度95%以上(红缨子类型外的品种)	90~100
			中	株高1.7~1.9m,株高整齐度90%~95%	75~89
			低	株高1.9m以上,株高整齐度90%以下	<75
	市场适应性(c)	产量(c1)	高	达到当地高粱常年产量的90%以上或增产	90~100
			中	达到当地高粱常年产量的90%	75~89
			低	未达到当地高粱常年产量的90%	<75
		品质(c2)	高	籽粒商品性完全达到相关标准,加工品质完全达到目标工艺或产品的标准	90~100
			中	籽粒商品性基本达到相关标准,加工品质基本达到目标工艺或产品的标准	75~89
			低	籽粒商品性和加工品质未达到目标工艺或产品标准的主要指标要求	<75
		单宁或支链淀粉(c3)	高	籽粒单宁含量>1.0%或籽粒支链淀粉比例>90%	90~100
			中	籽粒单宁含量0.5%~1.0%或籽粒支链淀粉比例80%~90%	75~89
			低	籽粒单宁含量<0.5%或籽粒支链淀粉比例<80%	<75

2.4 高粱品种生态适应性评价方法

2.4.1 建立综合评价公式 a 、 b 、 c 详见表 3。

$$I=0.25971 \times a+0.10161 \times b+0.63869 \times c \quad (1)$$

$$a=1 \times a1 \quad (2)$$

$$b=0.4091 \times b1+0.2598 \times b2+0.3310 \times b3 \quad (3)$$

$$c=0.26284 \times c1+0.3361 \times c2+0.40106 \times c3 \quad (4)$$

2.4.2 评价方法 具体操作时,需首先收集品种相关信息;利用 Excel 制作评价表,参照表 3 中的相应判定标准,给各因素赋予分值;然后根据上述公式(1)~(4)进行计算,获得综合得分;依据综合得分进行适应性判定,90 分以上(≥ 90 分)为适应,75~89 分为较适宜,75 分以下(≤ 75 分)为不适宜。

2.5 高粱品种的适宜性评价与分析 依托高粱品种生态适应性评价与布局项目,在黄淮海地区选取 6 个试验点,分别为河北沧州、石家庄,山东泰安,河南安阳、郑州,江苏盐城。并根据品种特性选择 6 个代表性品种,分别为龙杂 20 号、辽糯 11、冀酿 3 号、辽杂 10 号、锦杂 109、赤杂 106,其中龙杂 20 号为极早熟品种,赤杂 106 为早熟品种,辽糯 11 和冀酿 3

号为中早熟品种,锦杂 109 为中晚熟品种,辽杂 10 号为晚熟品种。根据上述确定的指标体系对各试验点各品种分别进行打分,将各指标打分结果带入公式,进行适应性评价,结果如表 4 所示。辽糯 11 在 6 个试验点得分均超过或达到 90 分,冀酿 3 号除盐城点外,得分均大于 90 分;其余品种在 6 个试验点得分均未超过 90 分,其中辽杂 10 号在各试验得分均较低。总体上看,辽糯 11、冀酿 3 号平均得分超过 90 分,适宜黄淮海地区种植,其他品种应根据不同地点表现慎重选择。

3 讨论

高粱抗旱性强,水分利用率高,相对于玉米、小麦等旱地作物单位产量的耗水量低^[8-10],在黄淮海地下水亏缺地区种植业结构调整中具有重要作用。高粱品种在黄淮海地区的适应性如何,是决定该地区高粱产业发展的重要因素。多年来,对于高粱生态适应性的研究多局限在生物学适应性方面^[11-14],而高粱生产者更加重视高粱的生产和市场适应性。综合评价高粱生物学、生产、市场 3 方面适应性,需

表 4 不同地区高粱品种适宜性得分

地点	指标	龙杂 20 号	辽糯 11	冀酿 3 号	辽杂 10 号	锦杂 109	赤杂 106
沧州	a	85.00	95.00	94.00	85.00	93.00	92.00
	b	91.40	85.81	88.03	76.49	80.35	85.15
	c	79.05	94.63	93.72	77.99	87.26	86.07
	I	81.85	93.83	93.22	79.66	88.05	87.52
石家庄	a	88.00	94.00	95.00	83.00	89.00	92.00
	b	85.54	87.75	90.63	72.89	85.09	84.48
	c	79.27	94.24	92.39	77.20	88.59	86.50
	I	82.18	93.52	92.89	78.27	88.34	87.73
泰安	a	89.00	94.00	95.00	87.00	89.00	86.00
	b	88.14	86.58	82.91	79.05	76.72	88.74
	c	82.64	93.27	93.53	82.05	85.90	89.39
	I	84.85	92.78	92.83	83.03	85.77	88.44
安阳	a	88.00	97.00	95.00	89.00	90.00	90.00
	b	90.74	88.57	87.83	80.08	85.78	91.57
	c	80.01	92.12	91.91	86.63	83.33	89.03
	I	83.18	93.02	92.30	86.58	85.31	89.54
郑州	a	87.00	94.00	93.00	91.00	87.00	82.00
	b	91.73	88.16	83.40	81.24	85.02	88.65
	c	80.66	91.65	93.60	79.47	83.48	81.69
	I	83.43	91.91	92.41	82.65	84.55	82.48
盐城	a	88.00	89.00	87.00	85.00	86.00	87.00
	b	88.55	89.39	85.67	82.48	81.00	89.13
	c	78.70	90.50	90.55	77.71	82.90	85.99
	I	82.12	90.00	88.49	80.09	83.51	86.57
平均值	I	82.94	92.51	92.02	81.71	85.92	87.05

要构建科学合理的评价方法和评价指标体系,层次分析法、德尔菲法是构建评价指标体系的有效方法^[15-21]。此外优序图法在权重的确定过程中操作简便,易于理解,结果可靠,适合于多种领域,便于管理部门和实际使用者掌握和推广^[22]。

李桂英等^[6]建立了一套科学合理的高粱品种生态适应性评价指标体系,该体系涵盖因素多,针对性稍差,因此,本文专门针对黄淮海地区的生产实际,通过广泛生产调研,按照指标重要性得分筛选出产量、品质与经济性、综合抗性、生育期、穗型、株高等6个主要指标;诸如单宁含量、籽粒糯性等指标得分较低,归为其他类。按照层次分析法构建评价指标体系,从准则层的权重情况看,市场适应性权重最高,其次是生物学适应性,生产适应性的权重最低,表明市场表现是黄淮海地区高粱品种选择的主要指标。

黄淮海地区光热资源充足,高粱都能正常成熟,因此在生物适应性方面只考虑了综合抗性指标。在生产适应性方面,黄淮海地区多为一年二熟,茬口对倒茬作物的生育期要求严格,从权重值上也可看出,生育期的权重最高,其次是株高,这与该地区机械化水平较高有关,株高较矮适宜机械化收获。在市场上适应性方面,产量和品质是决定高粱收益的两个主要因素,在选择高粱品种过程中应平衡产量和品质关系,以获得较高的经济效益。

应用本文的评价体系,初步筛选出适合黄淮海地区的高粱品种2个(辽糯11、冀酿3号),进一步验证了该套指标评价体系的可靠性。但作为一种宏观决策判定方法,任何评价指标体系都有其局限性。本文的主要调查对象为高粱科研人员,调查结果只反映了科研人员的判断,下一步将选择更多高粱产业上下游从业者参与指标选择及权重制定,提高评价体系的实用性。

参考文献

- [1] 潘铁夫,冯绍印,郑秀梅,何志. 东北地区高粱低温冷害及其防御. 吉林农业科学,1980,41(4): 29-38
- [2] 白文斌,张福跃,焦晓燕,董良利,柳青山,平俊爱. 中国高粱产业工程技术研究定位思考. 中国农学通报,2013,29(11): 107-110
- [3] Huang R D. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. Journal of Integrative Agriculture,2018,17: 739-746
- [4] 卢庆善,邹剑秋. 试论我国高粱产业发展——论全国高粱生产优势区. 杂粮作物,2009,9(2): 78-80
- [5] 于纪珍,平俊爱,张福耀,杜志宏,吕鑫,李慧明,杨婷婷. 适宜机械化栽培高粱品种晋杂33号的选育及栽培技术. 山西农业科学,2015,43(5): 518-520
- [6] 李桂英,柯福来,董立,邹金秋,游光霞,王智,韩粉霞,朱凯,程汝宏. 高粱品种生态适应性综合评价指标体系的构建与应用. 中国农业资源与区划,2023,44(2): 27-35
- [7] 中国农业百科全书编委会农作物卷编辑委员会,中国农业百科全书编辑部. 中国农业百科全书·农作物卷下. 北京:中国农业出版社,1998
- [8] 江晓东,李增嘉,侯连涛,王芸,王雪,颜红. 少免耕对灌溉农田冬小麦/夏玉米作物水、肥利用的影响. 农业工程学报,2005(7): 20-24
- [9] 王劲松,郭锐,董二伟,丁玉川,韩雄,焦晓燕. 不同灌水量对酿造高粱生长、产量和水分利用率的影响. 中国农学通报,2012,28(33): 156-160
- [10] 张瀚文. 基于区域水平衡的农业旱灾风险防范初探. 石家庄:河北师范大学,2019
- [11] 李春喜,冯海生. 甜高粱在青海高原不同海拔生态区的适应性研究. 草业学报,2013,22(3): 51-59
- [12] 梁丹妮,靳巧红,李明雨,魏晓艳,谢应忠,伏兵哲,兰剑. 10个高粱属品种在宁夏引黄灌区的适应性. 草业科学,2019,36(2): 490-501
- [13] 王为,何晓兰,潘宗瑾,王海洋,郭士伟,张大勇,高进,蔡立旺,王永慧,陈建平,汪保华. 雅津系列甜高粱品种在江苏沿海盐碱地适应性研究初报. 西南农业学报,2015,28(4): 1851-1853
- [14] 罗峰,裴忠有,张锦峰,王成,夏卜贤,唐朝臣,孙守钧. 在天津生态条件下甜高粱品种引进及适应性研究. 天津农业科学,2013,19(3): 83-87
- [15] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法的研究与应用. 中国安全科学学报,2008(5): 148-153
- [16] 虞晓芬,傅玳. 多指标综合评价方法综述. 统计与决策,2004(11): 119-121
- [17] 金菊良,魏一鸣,丁晶. 基于改进层次分析法的模糊综合评价模型. 水利学报,2004(3): 65-70
- [18] 曹茂林. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算. 江苏科技信息,2012(2): 39-40
- [19] 赵财. 河西绿洲灌区主要作物田间节水灌溉技术的适应性分析. 兰州:甘肃农业大学,2005
- [20] 张佳佳,白新祥,谢伟,冯丽,周虹宏,张然. 层次分析法在贵阳市行道树选择评价中的应用. 山地农业生物学报,2014,33(2): 27-32
- [21] 刘光富,陈晓莉. 基于德尔菲法与层次分析法的项目风险评估. 项目管理技术,2008(1): 23-26
- [22] 曹婷婷,芦桂芝,王晓慧,刘树佳,郑天瑀,仰署芬. 基于德尔菲和优序图法构建 ICU 医院感染风险评价指标体系. 护理学杂志,2016,31(5): 44-47

(修回日期:2023-02-28)